

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-340587

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 11-125194

(71)Applicant : XEROX CORP

(22)Date of filing : 30.04.1999

(72)Inventor : HOFSTETTER DANIEL
DUNNROWICZ CLARENCE J
SUN DECAI
BRINGANS ROSS D
KNEISSL MICHAEL A

(30)Priority

Priority number : 98 73598

Priority date : 06.05.1998

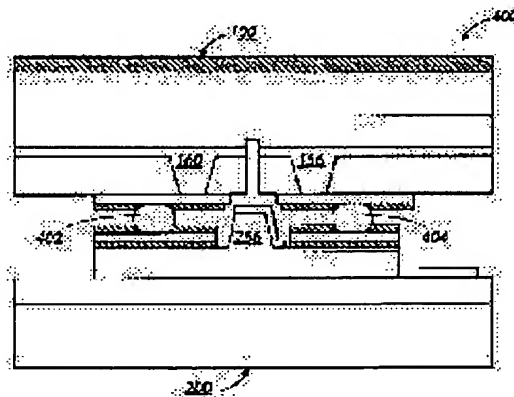
Priority country : US

(54) MULTIPLE WAVELENGTH LASER ARRAY MANUFACTURED WITH FLIP-CHIP BONDING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a monolithic multiple laser structure which includes the capability of emitting a multiple wavelength laser beam, having a wide range of infrared to red and blue for wavelength spectrum and close intervals.

SOLUTION: A red/infrared parallel type laser structure 100 is bonded to a blue laser structure 200 with solder bumps 402 and 404 by a flip-chip method, to form a red/blue/infrared integrated laser structure 400 integrated by a hybrid method. This method allows a laser array structure having laser elements of different wavelengths to be manufactured, even in semiconductor materials which are not compatible with a manufacturing method by etching and regrowth.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Partial Translation of Japanese Patent Laying-Open No. 11-340587

[Abstract]

[Problem]

5 It is desired to provide a monolithic multi-laser structure having ability to emit multi-wavelength laser beams with minimum spacing in a broad wavelength spectrum range from infrared to red and blue.

[0007]

10 An object of the present invention is to provide a multi-laser of a monolithic structure capable of emitting multi-wavelength laser beams with minimum spacing, having a wavelength spectrum from infrared to red and blue.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-340587

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.⁴

H 0 1 S 3/18

識別記号

6 8 0

F I

H 0 1 S 3/18

6 8 0

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-125194
 (22) 出願日 平成11年(1999)4月30日
 (31) 優先権主張番号 09/073, 598
 (32) 優先日 1998年5月6日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 580000798
 ゼロックス コーポレーション
 XEROX CORPORATION
 アメリカ合衆国 06904-1600 コネティ
 カット州・スタンフォード・ロング リッ
 チ ロード・800
 (72) 発明者 ダニエル ホフステッター
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニ
 ーベール パシト テラス 110 アパー
 トメント 220
 (74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

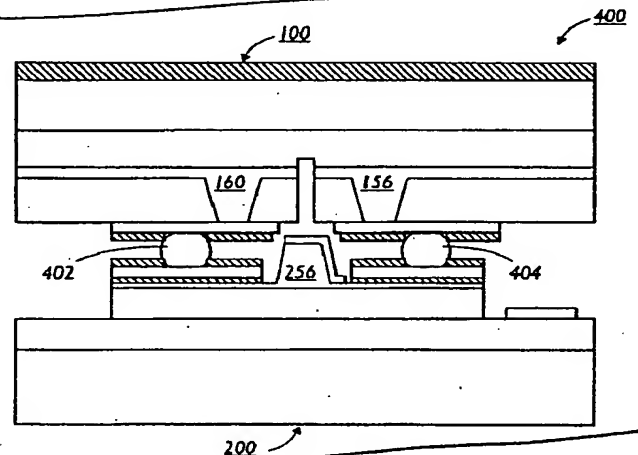
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フリップチップ接合で製作した多重波長レーザアレー

(57) 【要約】

【課題】 赤外から赤色および青色に至る広い波長スペクトル範囲の、密な間隔の多重波長レーザビームを放出する能力をもつモノリシックな多重レーザ構造を提供する。

【解決手段】 赤色／赤外並列形レーザ構造100が青色レーザ構造200に半田バンプ402、404でフリップチップ接合され、ハイブリッド方式の集積化された赤色／青色／赤外集積形レーザ構造400が形成される。この方法によりエッチングや再成長による製造方法に適合しない半導体材料系においても、異なる波長のレーザ素子をもつレーザアレー構造を製作することができる。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積化されたエッジ発光半導体レーザ構造において、
 第一のレーザ構造であって、
 第一の基板と、
 前記第一の基板上に形成された第一の複数の半導体層と、
 第一の活性領域を形成する前記第一の複数の半導体層中の一つ以上の層と、
 前記第一の複数の半導体層中の一層上に設けられた第一の接合手段と、を有する第一のレーザ構造と、
 第二のレーザ構造であって、
 第二の基板と、
 前記第二の基板上に形成された第二の複数の半導体層と、
 第二の活性領域を形成する前記第二の複数の半導体層中の一つ以上の層と、
 前記第二の複数の半導体層中の一層上に設けられた第二の接合手段であって、前記第一の接合手段の少なくとも一つに接合される第二の接合手段と、
 前記第二の基板上に形成された第三の複数の半導体層と、
 第三の活性領域を形成する前記第三の複数の半導体層中の一つ以上の層と、
 前記第三の複数の半導体層中の一層上に設けられた第三の接合手段であって、前記第一の接合手段の少なくとも一つに接合される第三の接合手段と、を有する第二のレーザ構造と、
 第一の波長の光を放出させるために前記第一の活性領域にバイアス電圧を印加することができる第一および第二の接点と、
 第二の波長の光を放出させるために前記第二の活性領域にバイアス電圧を印加することができる第三および第四の接点と、
 第三の波長の光を放出させるために前記第三の活性領域にバイアス電圧を印加することができる第五および第六の接点と、を含むことを特徴とする集積化されたエッジ発光半導体レーザ構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、多重波長レーザ構造に関し、特に二種類の基板に形成されたレーザ構造を基にしてフリップチップ接合によって製作される多重波長レーザアレー構造に関する。

【従来の技術】アドレス可能なモノリシックな多重波長光源、特にモノリシック構造内の種々のレーザ素子から種々の波長の光ビームを同時に発光することができるアレー形光源は、カラー印刷、フルカラーデジタルフィルム記録、カラーディスプレイ、およびその他の光記録や記憶システムなどの様々な用途において有用である。

【0002】レーザプリンタや光記憶装置などの多くの装置は、多重レーザビームの活用によって性能が向上する。例えば、多重ビームを用いたレーザプリンタは単一ビームを用いたプリンタよりも印刷速度の早さ、またはスポット形状のシャープさあるいはその両方の面で優れている。

【0003】上記その他の多くの用途において、異なる波長をもつ、密な間隔の複数のレーザビームが必要とされている。

【0004】密な間隔の複数のレーザビームを得る方法の一つに、複数のレーザ発光サイト（すなわちレーザストライプ）の共通基板上への形成がある。この方法は著しく密な間隔の複数ビームを得ることができるものであるが、先行技術によるモノリシックなレーザアレーから放出されるレーザビームは通常一波長のみであった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】モノリシックなレーザアレーからの異なる波長のレーザビームの発生については、先行技術による様々な方法が知られている。例えば、周知のように各レーザ発振領域での駆動条件の変化によって微量の波長変化が得られる。この方法は簡単に実行できるが、波長の変化幅が小さく、大半の用途に対して不十分である。

【0006】大半の所望の用途において、レーザ素子から波長が大きく異なる複数の光が放出されることが理想的である。好適なモノリシック構造においては、レーザ素子が赤外から赤色および青色にかけての広い波長範囲のスペクトルをもつ光を放出する。課題の一つに、異なる波長のレーザ光源を得るには異なる種類の光放出性活性層が必要なことがある。つまり、青色レーザにはInGaAlNなどの窒化物系半導体層、赤外レーザにはAlInGaAsなどの砒素系半導体層が必要であり、赤色レーザにはGaInPなどのリン化物系半導体層が必要である。

【0007】本発明は、赤外から赤色および青色にかけての波長スペクトルをもつ、密な間隔の多重波長レーザビームを放出することが可能なモノリシック構造の多重レーザを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】赤色／赤外並列形レーザ構造が青色レーザ構造にフリップチップ接合されて、赤色／青色／赤外ハイブリッド方式の集積化されたレーザ構造が形成される。この方法によりエッチングや再成長による製造方法に適合しない半導体材料系においても、異なる波長のレーザ素子をもつレーザアレー構造を製作することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は、赤色／赤外並列形レーザ構造の製作と、青色レーザ構造の製作および赤色／赤外スタック形レーザ構造の反転並びに青色レーザ構造へ

(3)

のフリップチップ接合を行い、結果的に赤色／青色／赤外集積形レーザ構造を得るものである。

【0010】図1に本発明による赤色／赤外並列形レーザ構造100を示す。

【0011】図1に示すように、有機金属気相成長法(MOCVD)と呼ばれる周知のエピタキシャル成長法を用いて、n型GaAs基板102上にn型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 下部クラッド層104を成長させる。他の成長法、例えば液相エピタキシ(LPE)、分子線エピタキシ(MBE)、およびその他の公知の結晶成長法を使用してもよい。下部クラッド層104のアルミニウムのモル分率は約50%であり、ドーピングレベルは $1\sim 5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ である。 AlInP 下部クラッド層104の厚さは約1 μm である。n型GaAs基板102のドーピングレベルは約 $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上である。

【0012】下部クラッド層104上にドーピングなしの $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 下部閉じ込め層106を形成する。下部閉じ込め層106のアルミニウム含有量は約40%であり、厚さは約120ナノメートルである。下部閉じ込め層106の形成後、 $\text{In}_{0.15}\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 活性層108を形成する。活性層108は約835nmの光を放出する。活性層108は、一量子井戸、多重量子井戸、あるいは一量子井戸より膜厚の大きい単一層のいずれでもよい。一量子井戸の厚さは一般に5~20ナノメートルであり、本実施例では8ナノメートルである。活性層108上にドーピングなしの $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 上部閉じ込め層110を形成する。上部閉じ込め層110の典型的なアルミニウム含有量は40%であり、厚さは約120ナノメートルである。下部閉じ込め層106、上部閉じ込め層110及び活性層108が、しきい値電流が低くて光放散の少ないレーザ構造に適した活性領域112を形成する。

【0013】赤外レーザ構造120の上部閉じ込め層110上に、約1 μm 厚さの $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層114を形成する。典型的な上部クラッド層114のアルミニウム含有量は50%であり、マグネシウムのドーピングレベルは $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ である。

【0014】p型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層114上に $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 障壁低減層116を形成する。典型的な障壁低減層116では、膜厚が50nmであり、マグネシウムのドーピングレベルが約 $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ である。この GaInP 障壁低減層116上に p^+ 型GaAsキャップ層118を形成する。典型的なキャップ層118では、膜厚が100ナノメートルであり、マグネシウムのドーピングレベルが $1\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ である。

【0015】n型GaAs基板102からキャップ層118までの層で赤外レーザ構造120が形成される。

【0016】赤外レーザ構造120のエピタキシャル成長後、図1の赤色／赤外並列形レーザ構造100上に窒

化シリコン(SiN_x)または酸化シリコン(SiO_x)層(図示せず)を被覆する。この後、この窒化シリコンまたは酸化シリコン層中にフォトリソグラフィおよびプラズマエッチングを用いて複数のストライプ状の窓を開ける。各ストライプ状窓(図示せず)の幅は300ミクロンであり、間隔は500ミクロンである。次いで、クエン酸($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7\text{:H}_2\text{O}$)、過酸化水素(H_2O_2)およびシュウ酸(HBr)を用いて湿式化学エッチングにより窓部の赤外レーザ構造120をエッチングで除去する。このエッチングは、キャップ層118、障壁低減層116、上部クラッド層114、上部閉じ込め層110、活性層108、下部閉じ込め層106および下部クラッド層104を厚さ方向に順にエッチングしてn型GaAs基板102に達するまで行う。次にこの窓部内の基板上に赤色レーザ構造を成長させる。赤色レーザ構造の形成後、残った赤外レーザ構造120表面の窒化シリコンまたは酸化シリコン層をプラズマエッチングで除去する。

【0017】n型GaAs基板102上にn型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 下部クラッド層124を形成する。下部クラッド層124のアルミニウムのモル分率は約50%であり、ドーピングレベルは $1\sim 5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ である。 AlInP 下部クラッド層124の厚さは約1ミクロン(μm)である。

【0018】下部クラッド層124上にドーピングなしの $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4})_{0.5}\text{P}$ 下部閉じ込め層126を形成する。下部閉じ込め層126のアルミニウム含有量は約30%であり、厚さは約120ナノメートルである。下部閉じ込め層126の形成後、 $\text{In}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{P}$ 活性層128を形成する。活性層128は約670ナノメートルの光を放出する。活性層128は、一量子井戸、多重量子井戸、あるいは一量子井戸より膜厚の大きい単一層のいずれでもよい。一量子井戸の厚さは一般に5~20ナノメートルであり、本実施例では8ナノメートルである。活性層128上にドーピングなしの $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4})_{0.5}\text{P}$ 上部閉じ込め層130を形成する。典型的な上部閉じ込め層130では、アルミニウム含有量が30%であり、厚さが約120ナノメートルである。下部閉じ込め層126、上部閉じ込め層130及び活性層128が、しきい値電流が低くて光放散の少ないレーザ構造に適した活性領域132を形成する。

【0019】赤色レーザ構造140の上部閉じ込め層130上に、約1ミクロン厚さの $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層134を形成する。典型的な上部クラッド層134では、アルミニウム含有量が50%で、マグネシウムのドーピングレベルが $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ である。

【0020】p型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層134上に $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 障壁低減層136を形成する。典型的な $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 障壁低減層136では、厚さが50ナノメートルで、マグネシウムのドーピングレベル

(4)

が約 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。この障壁低減GaInP障壁低減層136上にp型GaAsキャップ層138を形成する。典型的なキャップ層138では、厚さが100ナノメートルで、マグネシウムのドーピングレベルが $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0021】n型GaAs基板102からキャップ層138の層で赤色レーザ構造140が形成される。

【0022】赤外レーザ構造120と赤色レーザ構造140はn型GaAs基板102を共有する。赤外レーザ構造120と赤色レーザ構造140の各々の上下クラッド層と障壁低減層およびキャップ層は同じ半導体材料からなり、各々が同じ厚さと同じドーピングレベル（ドーピングなしの場合も含む）をもつ。赤外レーザ構造120と赤色レーザ構造140の各々の上下の閉じ込め層と活性層は（半導体材料は異なるが）厚さが等しいため、赤色／赤外並列形レーザ構造100中の赤外レーザ構造120および赤色レーザ構造140の各光放出用活性領域は高さが等しく、かつ平行である。同様に、キャップ層118および138上の、赤外レーザ構造120および赤色レーザ構造140用の各電極接点は高さが等しく、かつ平行である。

【0023】赤色／赤外並列形レーザ構造100における赤外レーザ構造120と赤色レーザ構造140の、各々の並列形レーザ構造間での横方向の間隔は正確に50 μm であり、縦方向の間隔は実質的にゼロである。

【0024】図2に示す形状の、赤色／赤外並列形レーザ構造100のリッジ状導波路を製作する。

【0025】図1に示した赤色／赤外並列形レーザ構造100の半導体層を全て形成した後、図2に示すように、窒化シリコン（ Si_3N_4 ）または酸化シリコン（ SiO_2 ）層を赤外レーザ構造120のキャップ層118の上面および赤色レーザ構造140のキャップ層138の上面に形成する。50 μm 間隔の2本のストライプパターンをキャップ層118および138上に形成し、ストライプの間の部分を開口窓にする。

【0026】臭素とメタノールの混合（ $\text{Br}:\text{CH}_3\text{OH}$ ）溶液を用いて赤外レーザ構造120のキャップ層118と障壁低減層116の非マスク領域をエッチングし、マスク領域すなわちエッチングをされないキャップ層118と障壁低減層116からなる小形のメサ150を開口窓状の溝間に形成する。

【0027】同様に、臭素とメタノールの混合（ $\text{Br}:\text{CH}_3\text{OH}$ ）溶液を用いて赤色レーザ構造140のキャップ層138と障壁低減層136の非マスク領域をエッチングし、マスク領域すなわちエッチングをされないキャップ層138と障壁低減層136からなる小形のメサ152を開口窓状の溝間に形成する。

【0028】次にリン酸（ H_3PO_4 ）を用いてメサ150の両側の1ミクロン厚さのp型 $\text{Al}_0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層114の非マスク領域を時限エッチング法に

より厚さ方向にエッチングして、p型 $\text{Al}_0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層114の、上部閉じこめ層110、活性層108および下部閉じこめ層106からなる活性領域112上での厚さが0.35ミクロンになるようにする。

【0029】同様に、リン酸（ H_3PO_4 ）を用いてメサ152の両側の1ミクロン厚さのp型 $\text{Al}_0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層134の非マスク領域を時限エッチング法により厚さ方向にエッチングして、p型 $\text{Al}_0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層134の、上部閉じこめ層130、活性層128および下部閉じこめ層126からなる活性領域132上での厚さが0.35ミクロンになるようにする。

【0030】湿式化学エッチングの代わりに反応性イオンエッチングを用いてもよい。

【0031】エッチングが完了して図2の形状が出来上がった後、窒化シリコンのストライプを除去する。

【0032】メサ150の下に残った $\text{Al}_0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層154がリッジ状導波路156を形成する。この導波路156は、赤外レーザ構造120の活性領域から放出された光の光学的閉じ込め効果をもつ。

【0033】メサ152の下に残った $\text{Al}_0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層158がリッジ状導波路160を形成する。この導波路160は、赤色レーザ構造140の活性領域から放出された光の光学的閉じ込め効果をもつ。

【0034】赤外レーザ構造120と赤色レーザ構造140間を基板102に達するまで厚さ方向にエッチングして絶縁用溝162を形成する。この溝によって二つのレーザ構造間が電気的および熱的に絶縁され、両レーザ構造間のクロストークが減少する。

【0035】窒化シリコンストライプを除去した後、Ti/Auのp型金属電極164を赤外レーザ構造120のキャップ層118と接触層即ち障壁低減層116および上部クラッド層114の上面に形成する。リッジ状導波路156はこのp型金属電極164内に閉じ込められる。Ti/Auのp型金属電極166を、赤色レーザ構造140のキャップ層138と接触層即ち障壁低減層136および上部クラッド層134の上面に形成する。リッジ状導波路160はこのp型金属電極166内に閉じ込められる。赤外レーザ構造120と赤色レーザ構造140との共通電極となる、Au/Geのn型金属電極168を基板102の下面に形成する。

【0036】金属電極に閉じ込められたリッジ状導波路156をもつ赤外レーザ構造120と金属電極に閉じ込められたリッジ状導波路160をもつ赤色レーザ構造140は、いずれもシングルモードの横波光を放出する。

【0037】この赤外および赤色レーザ構造は緊密に並列配置しているにも係わらず、3ナノ秒未満という早いスイッチング速度での個別アドレスが可能である。

【0038】図2に示す赤色／赤外並列形レーザ構造1

(5)

00はエッジ発光形のアレー構造をもつ。従来形の端面(図示せず)を赤色/赤外並列形レーザ構造100の端部に形成する。赤外レーザ構造120は、活性層108を含む活性領域112で発生した赤外波長光をレーザ構造の端部から放出する。赤色レーザ構造140は、活性層128を含む活性領域132で発生した赤色波長光をレーザ構造の端部から放出する。

【0039】図3に本発明による青色レーザ構造200を示す。

【0040】青色レーザ構造200はサファイア(Al_2O_3)基板202をもつ。基板202上に、ドーピングなしのバッファ層204を30ナノメートル厚さに形成する。このドーピングなしのバッファ層204上にn型Ga_{0.95}N_{0.05}バッファ層206を形成する。このn型バッファ層206のシリコンのドーピングレベルは $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ で、膜厚は4ミクロンである。上記n型GaAs_{0.95}N_{0.05}バッファ層206上にn型In_{0.05}Ga_{0.95}N歪み低減層208を形成する。InGa_{0.95}N_{0.05}歪み低減層208の膜厚は0.1ミクロンで、シリコンのドーピングレベルは $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。さらにこのInGa_{0.95}N_{0.05}歪み低減層208上にn型Al_{0.08}Ga_{0.92}N下部クラッド層210を形成する。n型下部クラッド層210のシリコンのドーピングレベルは $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ で、膜厚は0.5ミクロンである。

【0041】n型Ga_{0.95}N_{0.05}の導波層212をn型Al_{0.08}Ga_{0.92}N下部クラッド層210上に形成する。Ga_{0.95}N_{0.05}導波層212の膜厚は0.1ミクロンで、シリコンのドーピングレベルは $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。導波層212上にIn_{0.15}Ga_{0.85}N/In_{0.02}Ga_{0.98}Nの多重量子井戸活性層214を形成する。このIn_{0.15}Ga_{0.85}N/In_{0.02}Ga_{0.98}N多重量子井戸活性層214は3~20の量子井戸からなり、厚さが約50ナノメートルで410~430ナノメートルの光を放出する。活性層214上にp型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nのキャリア閉じ込め層216を形成する。このp型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nキャリア閉じ込め層216のマグネシウムのドーピングレベルは $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、膜厚は0.02ミクロンである。p型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nキャリア閉じ込め層216上にp型Ga_{0.95}N導波層218を形成する。Ga_{0.95}N導波層218の膜厚は0.1ミクロンで、マグネシウムのドーピングレベルは $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。導波層212、218と閉じ込め層216および活性層214とが、レーザ構造の活性領域219を形成する。

【0042】導波層218上にp型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nの上部クラッド層220を形成する。p型上部クラッド層220のマグネシウムのドーピングレベルは $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、膜厚は0.5ミクロンである。このp型上部クラッド層220上にp型Ga_{0.95}N接触層222を形成する。接触層222のマグネシウムのドーピングレベルは $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、膜厚は0.5ミクロン

である。

【0043】図4に示す形状に、青色レーザ構造200のリッジ状導波路を製作する。

【0044】図3に示した青色レーザ構造200の半導体層が全て形成された後、フォトリソのマスクを青色レーザ構造200の接触層222の上面に形成する。一本のストライプパターンをフォトリソで形成し、接触層222中に開口部250を設ける。次いで、ケミカルアシストイオンビームエッチング(CAIBE)で接触層222の非マスク領域250をエッチングする。このエッチングは、接触層222、p型上部クラッド層220、p型導波層218、p型キャリア閉じ込め層216、多重量子井戸形活性層214、n型導波層212、n型下部クラッド層210、n型歪み低減層208を順に除去してn型GaAs_{0.95}N_{0.05}バッファ層206の表面252に達するまで行う。このエッチング後、フォトリソのマスクを除去する。

【0045】次に、別のフォトリソマスクを青色レーザ構造200中の接触層222の上面および露出したn型バッファ層206の表面252上に形成する。50ミクロン間隔の二本のストライプパターンを接触層222上に形成し、ストライプ間の部分が開口窓となるようにする。

【0046】次に、ケミカルアシストイオンビームエッチングによって接触層222中の非マスク領域をエッチングし、マスクされた(すなわちエッチングされない)接触層222からなる小形のメサ254が開口窓形の溝間に残るようにする。

【0047】ケミカルアシストイオンビームエッチングを進行させ、メサ254の両側の0.5ミクロン厚さのp型Al_{0.08}Ga_{0.92}N上部クラッド層220中の非マスク領域を時限エッチング法を用いて厚さ方向にエッチングする。このエッチングは、導波層212、活性層214、閉じ込め層216および導波層218からなる活性領域219上のp型Al_{0.08}Ga_{0.92}N上部クラッド層220の厚さが0.35ミクロンになるまで行う。

【0048】エッチング終了後、フォトリソのマスクを除去する。

【0049】メサ254の下方に残ったp型Al_{0.08}Ga_{0.92}N上部クラッド層220がリッジ状導波路256となる。この導波路256は青色レーザ構造200の活性領域から放出される光の光学的閉じ込め効果をもつ。

【0050】窒化シリコンストライプを除去した後、Ti/Auのp型金属電極258を、青色レーザ構造200の上部閉じ込め層220の上面、リッジ状導波路256および接触層222のメサ254上に形成する。リッジ状導波路256はp型用金属電極258に閉じ込められる。Ti/Auのn型用電極260がn型GaAs_{0.95}N_{0.05}バッファ層206の表面252上に形成される。

【0051】金属電極に閉じ込められたリッジ状導波路

256をもつ青色レーザ構造200はシングルモードの横波光を放出する。

【0052】図4に示した青色レーザ構造200はエッジ発光形のアレー構造をもつ。従来形の端面(図示せず)を青色レーザ構造200の端部に形成する。青色レーザ構造200は、活性層214を含む活性領域219で発生した青色波長光をレーザ構造の端部から放出する。

【0053】図2に示したリッジ状導波路式赤色/赤外並列形レーザ構造100を、図4に示したリッジ状導波路式青色レーザ構造200にフリップチップ接合して、集積形の赤色/青色/赤外レーザ構造を形成する。

【0054】フリップチップ接合によって二つの半導体構造が対向配置で半田付けされ、一つの半導体構造が製作される。一般に、両方の半導体構造表面の電極パッド上に半田バンプを形成する。一方の構造(すなわちチップ)を反転させてもう一方の構造(すなわちチップ)に対向させる。各半導体構造上の半田バンプを位置合わせした後、両構造を加熱しながら相互に加圧する。二つの半田バンプが融合して一つの半田バンプになり、それによって二つの半導体構造は一体化して一つの集積化された半導体構造になる。二つのレーザ構造は融液状の半田金属の表面張力によって引き寄せられ、整合した位置関係に正確に収まる。

【0055】図5に代表的な一例を示す。半田バンプ用の二つの電極パッド300および302を赤色/赤外レーザ構造100の各p型Al_{0.5}In_{0.5}P上部クラッド層114および134の表面に形成する(図5

(a))。電極パッド300は、赤外レーザ構造120のリッジ状導波路156と上部クラッド層114上に位置する。電極パッド302は、赤色レーザ構造140のリッジ状導波路160と上部クラッド層134上に位置する。

【0056】電極パッドの形成は一連の金属層の連続蒸着、すなわち30ナノメートル厚さのTi層、50ナノメートル厚さのAu層、30ナノメートル厚さのTi層、および200ナノメートル厚さのNi層の連続成膜により行う。電極パッド300は、同じくp型Al_{0.5}In_{0.5}P上部クラッド層114の表面に位置した、赤外レーザ構造120のリッジ状導波路156およびp型金属電極164のいずれからも物理的に分離されると共に電氣的に絶縁される。電極パッド302は、同じくp型Al_{0.5}In_{0.5}P上部クラッド層134の表面に位置した、赤色レーザ構造140のリッジ状導波路160およびp型金属電極166のいずれからも物理的に分離されると共に電氣的に絶縁される。

【0057】プラズマ強化化学的気相成長法(PECVD)または275℃での電子ビーム蒸着によって、SiON絶縁層304を電極パッド300および302のほぼ全面上に形成する。SiON絶縁層304は半田除け

となると共に、電極パッド300および302をp型金属電極164および166からより確実に電氣的に絶縁させる。上部クラッド層に隣接した、電極パッド中のTi/Au層は標準のレーザ用オーミック接触性金属である。電極パッドの上層のTi/Ni層は、上部クラッド層上の薄膜金属被覆と10~12ミクロン厚さのPb/Sn半田バンプとの間の接触抵抗の低い界面形成と、半田浸出防止層としての役割との若干相容れない要求を満たす機能をもつ。さらに、Niには表面に安定な酸化物が形成される性質があり、これによってSiON層の接着能が向上する。

【0058】この後、通常のフォトリソグラフィ法を用いて絶縁層304のパターンニングを行う。フォトレジストのマスク(図示せず)は、リッジ状導波路156、160および下方のレーザストライプと位置整合された後、SiON絶縁層304の表面に形成される。SiON絶縁層304の非マスク領域はプラズマエッチングされて、50~90μm径の接点孔306が形成される。接点孔306は、絶縁膜304を貫通して接点パッド300の位置まで厚さ方向にエッチングされる。接点孔308は、絶縁膜304を貫通して接点パッド302の位置まで厚さ方向にエッチングされる。このエッチングによって二つのレーザ半導体構造間の最終的な位置関係が規定されると共に、接点パッド中の濡れ性をもつ領域が規定される。

【0059】20ナノメートル厚さのSn層310が接点孔306を通して接点パッド300上に形成される。20ナノメートル厚さのSn層312が接点孔308を通して接点パッド302上に形成される(図5(b))。

【0060】次に10ミクロン厚さのフォトレジスト層314が三つの層パターンの表面に形成される。このフォトレジスト層314は接点孔306と位置整合して成長させた逆テーパ形孔316、および接点孔308と位置整合して成長させた逆テーパ形孔318をもつ(図5(c))。

【0061】PbSn半田は電子ビーム蒸着装置によって蒸着され、次いでリフトオフによって、接点パッド300上のSn層310上に形成されたPbSn板320および接点パッド302上のSn層312上に形成されたPbSn板322の形状にされる。10μm厚さのPbSn板は濡れ性のある接点パッド300、302よりやや径が大きい。この後フォトレジスト314が除去される(図5(d))。

【0062】半田板320および322がフラックスを用いてリフロされて220℃の温度に加熱されることにより、各々が濡れ性のある接点パッド領域300および302上に引き戻され、半球状の半田バンプ324および326が形成される。半田バンプ324は接点パッド300のSn層310上に位置し、半田バンプ326は接点パッド302のSn層312上に位置する。Sn層

(7)

のPbSn半田との合金化が起こり、良好な電氣的かつ機械的な接続部が形成される。

【0063】青色レーザ構造200の接点パッドと半田バンプも同じ方法で形成される。SiON絶縁層354が、青色レーザ構造200の上部閉じ込め層220の上面の、二つのTi/Au/Ti/Ni接点パッド350の大半を覆う。半田バンプ358は接点パッド350のSn層356上に位置し、半田バンプ362は接点パッド352のSn層360上に位置する(図5(f))。

【0064】図および本文では一列分の半田バンプが示されている。レーザ構造の全面には何列もの半田バンプが存在しており、それによって二つのレーザ構造間に良好な機械的および電氣的接続が得られている。

【0065】接点パッド300, 302上に半田バンプ324, 326をもつ赤色/赤外並列形レーザ構造100と、接点パッド350, 352上に半田バンプ358, 362をもつ青色レーザ構造200は通常的手段で個片に切り出されて洗浄される。粘着性のフラックスがそれぞれのレーザ構造の半田バンプ表面に塗布される。

【0066】図6に示すように、GaAs系赤色/赤外並列形レーザ構造100がInGaAsN/サファイア系青色レーザ構造200の頂部に、フリップチップアライナボンドを用いて±10μmの位置精度でフリップチップ接合される。赤色/赤外並列形レーザ構造100の半田バンプ326, 324がそれぞれ青色レーザ構造200の半田バンプ358, 362に接触するようにされて、フラックスで位置を保持される。

【0067】このハイブリッド形式の集積化された赤色/青色/赤外集積形レーザ構造400が再度220℃の温度に加熱される。第二のリフロの間に二つの半田バンプ326, 358は一つの半田バンプ402になり、二つの半田バンプ324, 362は一つの半田バンプ404になる。この結果図7に示すように、別々二つの赤色/赤外並列形レーザ構造100および青色レーザ構造200は接合されて一つの集積化されたレーザ構造400が生じる。この接合工程の間に、赤色/赤外並列形レーザ構造と青色レーザ構造とは、Pb/Sn半田バンプ間に働く自己整合性の表面張力によって引っ張られ、きわめて正確に位置決めされる。

【0068】青色レーザのリッジ256は赤色レーザのリッジ160と赤外レーザのリッジ156との中央に設置されて、横方向の間隔が緊密になるようにされる。縦方向の間隔はバンプ径に依存する。例えば半田バンプ半球体の径が50, 70および90μmの場合は、チップ

間隔はそれぞれ30, 40および50μmである。このハイブリッド接合方式では青色および赤色/赤外並列形レーザ間に非常に低い熱的クロストークしか生じないため、横方向の間隔は基本的に赤色レーザと赤外レーザとの間隔で規定される。赤色レーザと赤外レーザ間の間隔が20μmであれば、青色レーザと赤色レーザ(または赤外レーザ)間の間隔は10μmである。縦方向の間隔はバンプ径に依存する。例えばプリンタヘッドなどの用途によっては、赤色/赤外並列形レーザの動作に電子制御式の遅延をもたせることによって縦方向の間隔を事実上ゼロにされる。間隔が密であることは高速で高解像度のプリンタにとって好都合である。

【0069】フリップチップ接合により本態様の非格子整合ヘテロ構造の、ハイブリッドされた集積化されたレーザ構造400が製作される。本集積形の赤色/青色/赤外レーザ構造400により、精密な光学系に必要な、精密な間隔をもつ波長範囲の広い三種のレーザ源構造が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による赤色/赤外並列形レーザ構造の半導体層を示す断面図である。

【図2】 本発明によるリッジ状導波路式赤色/赤外並列形レーザ構造の半導体層を示す断面図である。

【図3】 本発明による青色レーザ構造の半導体層を示す断面図である。

【図4】 本発明によるリッジ状導波路式青色レーザ構造の半導体層を示す断面図である。

【図5】 本発明によるフリップチップ接合が行われる、赤色/赤外並列形レーザ構造と青色レーザ構造の接点パッド状の半田バンプを示す断面図である。

【図6】 本発明によるフリップチップ接合が行われる前の、赤色/赤外並列形レーザ構造と青色レーザ構造との半導体層を示す断面図である。

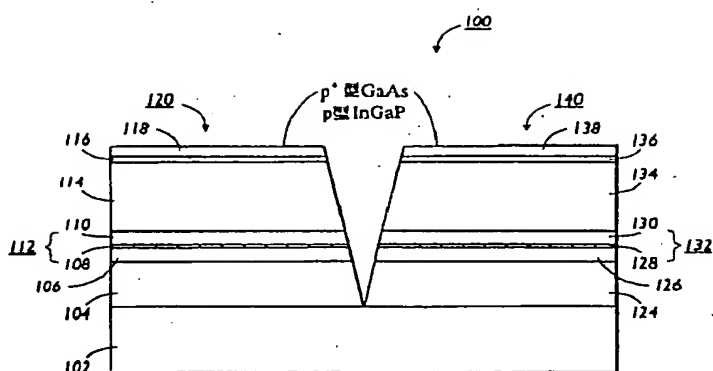
【図7】 本発明によるフリップチップ接合で形成された赤色/青色/赤外積層形レーザ構造の半導体層を示す断面図である。

【符号の説明】

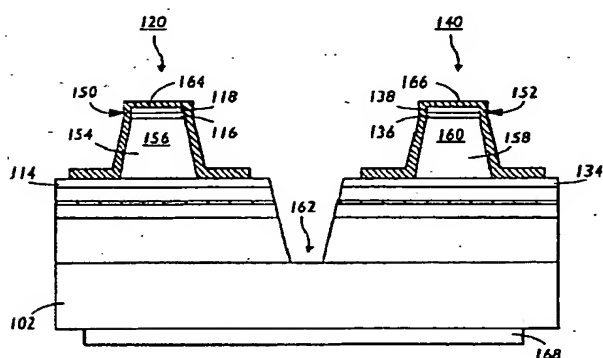
100 赤色/赤外並列形レーザ構造、102 n型GaAs基板、112, 132, 219 活性領域、120 赤外レーザ構造、140 赤色レーザ構造、156, 160, 252 リッジ状導波路、200 青色レーザ構造、202サファイア基板、324, 326, 358, 362 半田バンプ、400 赤色/青色/赤外集積形レーザ構造。

(8)

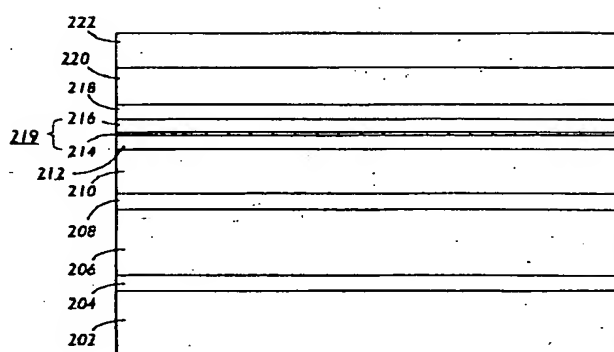
【図1】



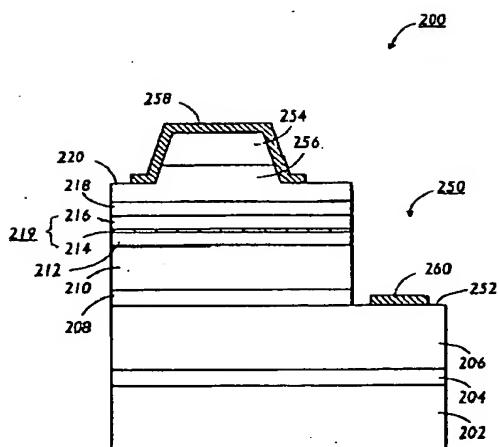
【図2】



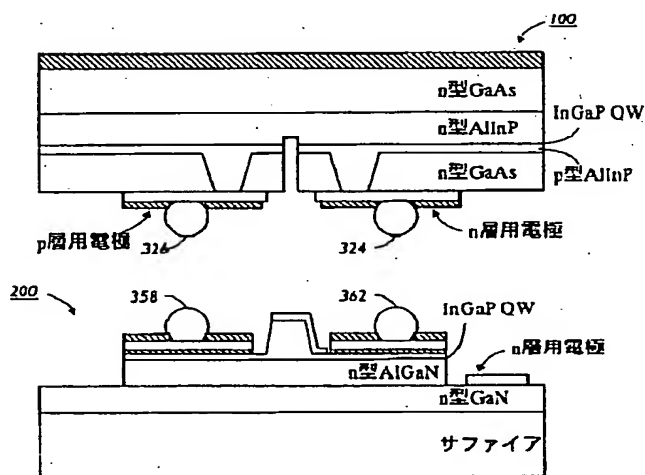
【図3】



【図4】

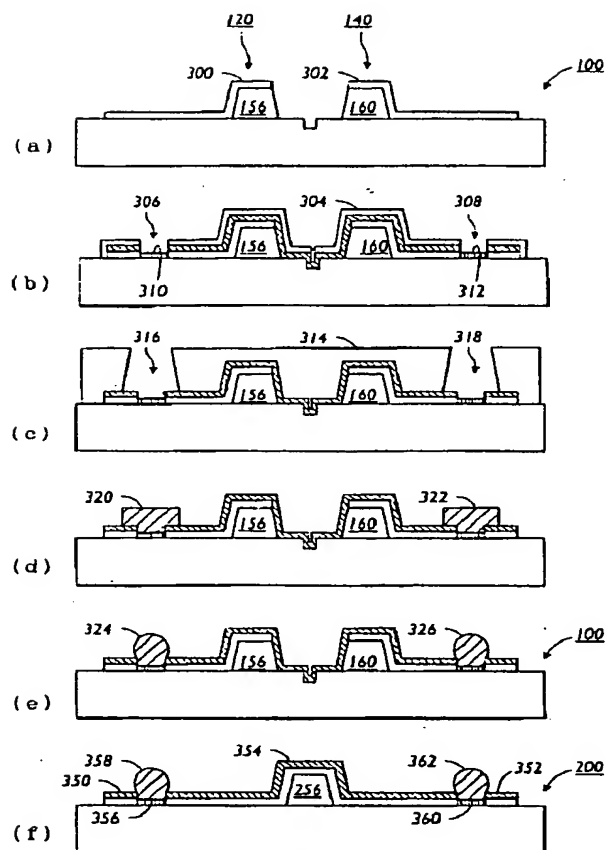


【図6】

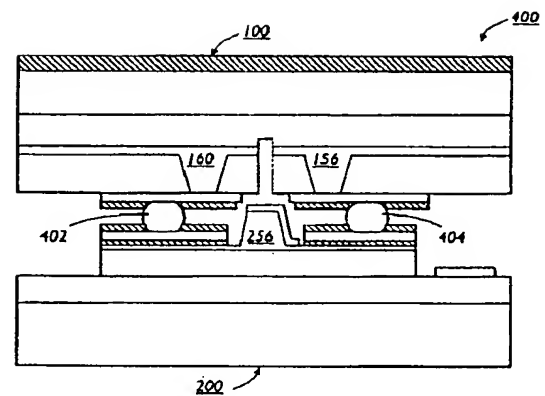


(9)

【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72) 発明者 クラレンス ジェイ ダンロヴィッツ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サン
タ クルズ エンバイア グレード ロード
8901

(72) 発明者 デカイ・サン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニ
ーベール ノーサンバーランド ドライブ
1127

(72) 発明者 ロス ディ ブリンガンス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 クッ
パーチノ ランフォード ドライブ
21345

(72) 発明者 ミカエル エイ ネイスル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニ
ーベール クレセント アベニュー 455
アパートメント 28